

内部バイブレータの負荷による締固め性能の定量評価

国立舞鶴工業高等専門学校 フェロー会員 岡本寛昭

1. はじめに

コンクリート構造物は、締固め作業がその品質に大きな影響及ぼすことが知られているが、締固め性能を定量評価する手法はまだ開発されていない。著者は、一般に締固め作業には内部バイブレータが用いられることから、内部バイブレータの負荷に着目した締固め過程の定量評価法に関する研究をこれまでに実施してきた¹⁾。本研究は、本評価法を検証するため、コンシステンシーの異なるコンクリートに対して締固め負荷試験を行い、負荷トルク及び締固めエネルギーを検討する。締固め範囲の広狭による影響についても明らかにする。また、振動波の伝播状況を調べる目的でフレッシュコンクリート中の加速度を測定し、負荷トルクとの連動性を追求する。

2. 負荷トルク特性に関する力学的基本概念

図1は、バイブレータの原動機(DC)の出力特性とフレッシュコンクリートの負荷特性を重ね合わせた図である。図中に示す交点Qは原動機からバイブレータに動力伝達される点である。コンクリートに与えられる仕事率Wは負荷トルクTとそれに対応する角速度 ω の積で求められる。以下に仕事率Wの算定式を示す。

$$W = T_r \cdot \omega_r - T_0 \cdot \omega_0 \quad (1)$$

ここに、W:コンクリートに与えられる仕事率(N・m/s), T_r :バイブレータの負荷トルク(N・m), ω_r :負荷トルク T_r における角速度(1/s), T_0 :バイブレータの空転トルク(N・m), ω_0 :空転トルク T_0 における角速度(1/s)

コンクリートに与えられる振動締固めエネルギーは次式で表される。

$$E = \int_{t_0}^{t_1} W dt \quad (2)$$

E:振動締固めエネルギー(J), t_0 :締固め開始時間(s), t_1 :締固め終了時間(s)

3. 実験概要

本研究に用いた実験装置の概要を図2に示す。バイブレータは径が27mm、長さが410mmでDC電源を動

力源としている。締固め時に生じる電流変化はクランプメータで測定し、負荷トルク、締固めエネルギーに換算される。締固め時の挙動はレコーダでリアルタイムに把握が可能で、データ解析はパソコンによって行う。締固め範囲

の広狭による影響については、深さが一定で径のみを変化させた小型

($\phi 156 \times 210$,

4.2 ℓ), 及び大

型($\phi 255 \times 210$,

11.2 ℓ)の2種類

の試験容器を

用いて検討し

た。実験は可傾

式ミキサで練

混ぜを行い、2

層に分けて試

験容器に投入

した。初期充填

状態

として各

層を小

型

が3回、大型が15回の棒突きを行い、バイブレータによる締固め負荷試験を行った。加速度測定には、電荷出力型加速度センサを用い、埋設位置は壁面とバイブレータの中間で深さ110mmの位置に埋設した。なお、加速度の値は実効値で評価した。コンクリートの配合及びフレッシュコンクリートの性状を表1に示す。水セメント比50%(一定)、単位水量147~165kg/m³である。使用材料は、普通セメント、陸砂とスラグの混合砂、碎石(最大寸法20mm)である。

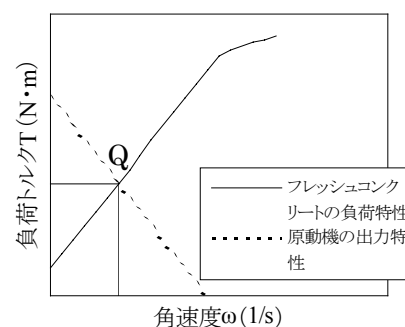


図1 原動機の出力特性とフレッシュコンクリートの負荷特性

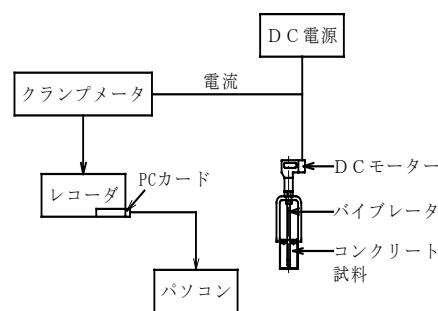


図2 締固め試験装置の概要

表1 配合およびフレッシュコンクリートの性状

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)
		W	C	S	G	AE	
50	42.4	147	294	823	1166	4.41	2.4
	41.3	155	310	788	1166	4.65	7.0
	46.0	165	330	856	1047	4.95	11.5

が3回、大型が15回の棒突きを行い、バイブレータによる締固め負荷試験を行った。加速度測定には、電荷出力型加速度センサを用い、埋設位置は壁面とバイブレータの中間で深さ110mmの位置に埋設した。なお、加速度の値は実効値で評価した。コンクリートの配合及びフレッシュコンクリートの性状を表1に示す。水セメント比50%(一定)、単位水量147~165kg/m³である。使用材料は、普通セメント、陸砂とスラグの混合砂、碎石(最大寸法20mm)である。

キーワード 締固め試験, コンシステンシー, 負荷トルク, エネルギー, 加速度

連絡先 625-8511 京都府舞鶴市宇白屋 234 TEL.0773-62-8984 E-mail: okamoto@maizuru-ct.ac.jp

4. 実験結果及び考察

本研究で得られた有効トルクの時刻歴変化を図 3 に示す。小型、大型はともに 5 秒以前にピーク値が現れ、

められた。よって有効トルクと加速度は連動性があると考えられる。図 8 は大型の場合の有効トルクと加速度の時刻歴を示す。小型に比べてピーク時間のずれが

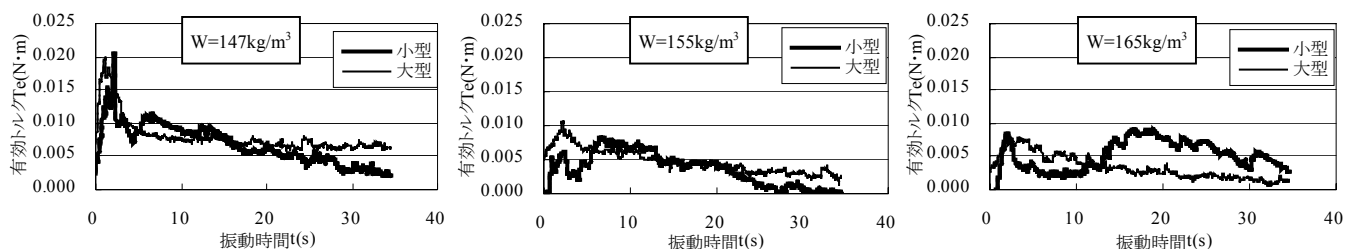


図 3 各配合下における有効トルクの時刻歴変化

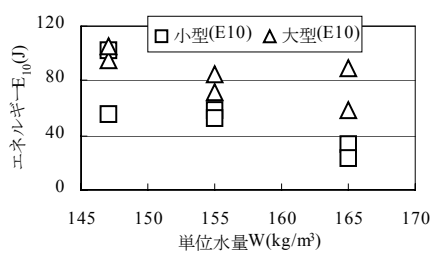
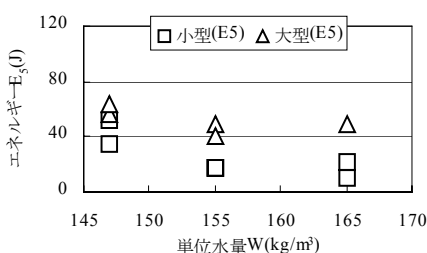
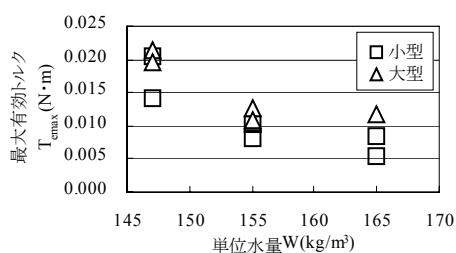


図 4 単位水量と最大有効トルクの関係

図 5 単位水量と締固めエネルギー E_5 の関係

図 6 単位水量と締固めエネルギー E_{10} の関係

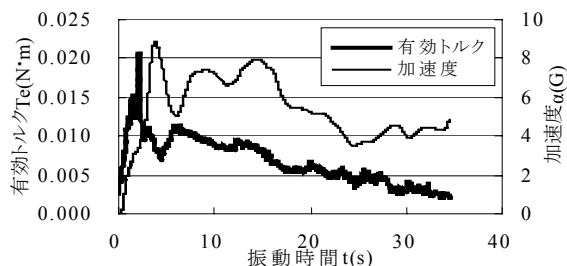


図 7 加速度と有効トルクの時刻歴（小型）

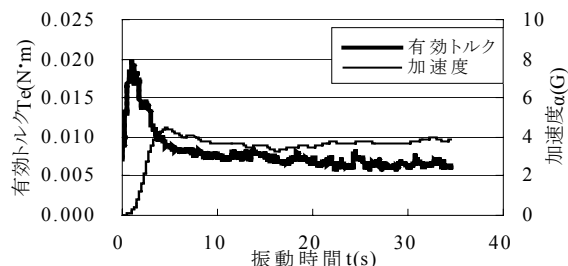


図 8 加速度と有効トルクの時刻歴（大型）

5 秒付近からはゆるやかに減少する傾向を示した。有効トルクの時刻歴変化は、大型および小型の差異は顕著でなかったが、配合の変化に鋭敏に反応し、単位水量の増加とともに有効トルクは減少傾向を示した。

図 4 に単位水量と最大有効トルクとの関係を示す。試験容器に関わらず単位水量の増加とともに最大有効トルクは減少した。図 5 に単位水量と振動時間 5 秒時における締固めエネルギー E_5 の関係を示す。最大有効トルクと同様に単位水量と E_5 は反比例関係を示した。また、試験容器の寸法の違いは明確に現れ、容器サイズの大きくなると締固めエネルギーは増加した。10 秒時におけるエネルギー E_{10} も同様の傾向が得られた。

図 7 は、単位水量 147 kg/m^3 における小型の場合の有効トルクと加速度の時刻歴を示す。有効トルクの時刻歴曲線と加速度の時刻歴曲線はきわめて類似性があることが判明した。加速度は最大有効トルクが生じた直後にピークを示し、両者のピーク時間には若干の差異があり、有効トルクの減少とともに加速度の減衰が認

大きくはなつたが、両者の連動性は認められる。振動領域が大きくなるとかなり減衰することが明らかとなった。以上から本手法によってコンクリートの締固め過程を捉えることが出来ると判断される。

5. 結論

本研究から次の結論が得られた。

- 1) 最大有効トルク、締固めエネルギーは、コンシステンシーの変化を鋭敏に反映する。
- 2) 有効トルクと加速度は、連動性があり、本手法によって、締固め過程を評価することができる。

謝辞：本研究は（財）先端建設技術センター研究開発助成によって行われた。また本研究の遂行にあたり、本校機械工学科鈴木立人助手および専攻科学生中西宏彰氏（現在立命館大学大学院）に多大な協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡本寛昭：コンクリートの振動締固めにおける性能評価について，土木学会第 57 回年次学術講演概要，V-716, 2002